

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/DE04/002624

International filing date: 25 November 2004 (25.11.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 103 55 357.6  
Filing date: 25 November 2003 (25.11.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 01 March 2005 (01.03.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 55 357.6

**Anmeldetag:** 25. November 2003

**Anmelder/Inhaber:** TransMIT Gesellschaft für Technologietransfer mbH,  
35394 Gießen/DE

**Erstanmelder:** Osram Opto Semiconductors GmbH,  
93049 Regensburg/DE

**Bezeichnung:** Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung zur Erzeugung langwelliger Strahlung

**IPC:** H 01 S 5/40

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 18. Februar 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

  
**Wehner**

P2002,0819 DE E



## Optisch gepumpte Halbleitervorrichtung zur Erzeugung langwelliger Strahlung

B Die vorliegende Erfindung beschreibt die Herstellung und Realisierung von langwelligem MILOS-Scheibenlasern (MILOS=Monolithic Integrated Lateral Optical Pumped Semiconductor), extern optisch Barriere/Quantenfilm-gepumpten und elektrisch gepumpten Scheibenlasern mittels Epitaxie (MBE, MOMBE, GSMBE, MOVPE). Für die Realisierung von langwelligem Scheibenlasern  $>1000\text{nm}$  werden für die Lichterzeugung kompressiv gespannte InGaAs-Quantenfilme mit In-Konzentrationen mit typ.  $>18\%$  und Schichtdicken mit typ.  $<10\text{nm}$  benötigt. Diese können z.B. bei MOVPE-Wachstumstemperaturen von  $>600^\circ\text{C}$  mit guter Qualität nur für Wellenlängen bis ca.  $1000\text{nm}$  hergestellt werden, da oberhalb der kritischen Schichtdicke eine Relaxation der gespannten Einzelschichten einsetzt.

Eine weitere Erhöhung der kritischen Schichtdicke kann durch eine geringere Energiezufuhr, d.h. z.B. durch eine niedrigere Wachstumstemperatur  $T < 600^\circ\text{C}$  erzielt werden. Aufgrund der geringen Zerlegungseffizienz von  $\text{AsH}_3$ - und  $\text{PH}_3$ -Gruppe-V-Gasquellen in der MOVPE bei diesen niedrigen Temperaturen ist der Einsatz alternativer TBAs- und TBP-Quellen mit deutlich besseren Zerlegungseigenschaften notwendig. Neben InGaAs-Quantenfilmen können mit entsprechenden N-Quellen (Hydrazin) und Sb-Quellen InGaAsN, InGaAsSb, InGaAsNSb, GaAsN, AlAsN, GaAsSb, AlAsSb, GaAsP-Schichten als Quantenfilm- und Barrierenstrukturen auf GaAs hergestellt werden. Damit können insbesondere in der MOVPE folgende GaAs-basierende Wellenlängen für Scheibenlaser/ VECSEL zugänglich gemacht werden (VECSEL=Vertical External Cavity Surface Emitting Laser):

Quantenfilme:	Wellenlängen:
InGaAs	$<1000\text{nm}$ (Standardquellen)
InGaAs	$<1100\text{nm}$ (TBAs, TBP)
InGaAsN	$<1300\text{nm}/1500\text{nm}$ (TBAs, TBP)
InGaAsNSb	$<2000\text{nm}$ (TBAs, TBP, Sb-Quellen)

Das Design je nach Wellenlänge ist insbesondere für effiziente Scheibenlaserstrukturen kritisch und wird im Folgenden exemplarisch für die zwei (fundamentalen) Wellenlängen  $1050\text{nm}$  (frequenzverdoppelt grün) und  $1260\text{nm}$  (frequenzverdoppelt rot) beschrieben. Diese Wellenlängen eröffnen neben den bisher bekannten Wellenlängen u.a. den ganzen sichtbaren Wellenlängen durch resonatorinterne Frequenzverdopplung.

Bei der Epitaxie von Scheibenlaser bei  $1050\text{nm}$  Emissionswellenlänge kann eine erhöhte In-Konzentration bei niedrigen Wachstumstemperaturen von  $T < 600^\circ\text{C}$  mit alternativen TBAs-Quellen für die InGaAs-Quantenfilme zur Lichterzeugung und TBP-Quellen für die verspannungskompensierenden Barrierschichten in der Aktiven realisiert werden. Das Design mit ungefähren Schichtdicken ist in Abb. 1 zu sehen. Bei dieser Wellenlänge ist i.d.R. noch keine Verspannungskompensation der hochaluminiumhaltigen Schichten, die insbesondere in den Braggreflektoren zum Einsatz kommen, notwendig.

Für Scheibenlaser bei längeren Wellenlängen ist dann i.d.R. auch eine Kompensation der Verspannung des Braggspiegels bei niedrigen Wachstumstemperaturen für die unterschiedlichen Materialien (typ. AlAs-, GaAs-, bzw.  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ -Schichten mit variierendem Al-Gehalt) mit Brechungsindexsprung vorteilhaft, da bereits während der

P2002,0819 DE E

Epitaxie diese Materialkombinationen unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten haben und zu einer Materialdegradation führen können.

Dazu gibt es verschiedene Verspannungskompensationskonzepte, bei der hier insbesondere in den hochaluminiumhaltigen AlGaAs/AlAs-Schichten durch geringe Konzentrationen von P die leicht kompressive Verspannung durch das Aluminium tensil kompensiert werden kann. Die Barrierenschichten müssen je nach optischer Absorptionswellenlänge und -konzept für einen effizienten Betrieb sehr kritisch untersucht werden. Wie in Abb. 2 dargestellt, kann als Absorptionsschicht neben GaAsP und AlGaAs-Schichten für Absorptionswellenlängen <900nm auch InGaAsN oder GaAsN mit Absorptionswellenlängen >900nm hergestellt werden. Dabei ist je nach Materialkombination auf das ausreichende Ladungsträgerkonfinement in Leitungs- und Valenzband zu achten. Insbesondere für InGaAsN-Quantenfilme zur Lichterzeugung ist ein ausreichendes Löcherkonfinement durch den Einsatz von GaAsP/AlGaAs-Schichten im Design für einen effizienten Laserbetrieb notwendig, da das Löcherkonfinement tatsächlich geringer ist als in Abb. 2 dargestellt. Eine weitere Variante für 1260nm ist z.B. in Abb. 3 zu sehen. Die Schichtdicken sind entsprechend der Wellenlänge bei 1260nm anzupassen.

P2002,0819 DE E

**Patentanspruch:**

Optisch gepumpter Halbleiterlaser mit einer fundamentalen Emissionswellenlänge,  
die größer als 1000nm ist.

P2002,0819 DE E

**1050nm Disklaser Design V1 (808nm-Pumpabsorbinglayer)**

Struktur	d well	d (nm)	Eg (eV)	dEe (eV)	Ee (eV)	dEp (eV)	Ep (eV)
Membran-GaAs-Substrat		413,70	1,882	0,162	1,682	-0,300	-0,300
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	0,31	0,1	0,073	1,493	-0,036	-0,036
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	289,69	1,331	0,073	1,493	-0,036	-0,036
QW	10,5% InGaAs	10,5	1,265	-0,124	1,296	0,031	0,031
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,084	1,504	-0,036	-0,036
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,073	1,493	-0,036	-0,036
QW	20,0% InGaAs	10,5	1,265	-0,124	1,296	0,031	0,031
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,084	1,504	-0,036	-0,036
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,073	1,493	-0,036	-0,036
QW	20,0% InGaAs	10,5	1,265	-0,124	1,296	0,031	0,031
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,084	1,504	-0,036	-0,036
Pumpabsorb(810nm)	5,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,073	1,493	-0,036	-0,036
Bragg	30,0% AlGaAs	73,20	1,073	0,167	1,597	-0,066	-0,066
Bragg	30,0% AlGaAs	84,79	2,833	0,933	2,353	-0,480	-0,480
Bragg	30,0% AlGaAs	200	1,42		1,420		0,000
GaAs-Substrat		7807,6					

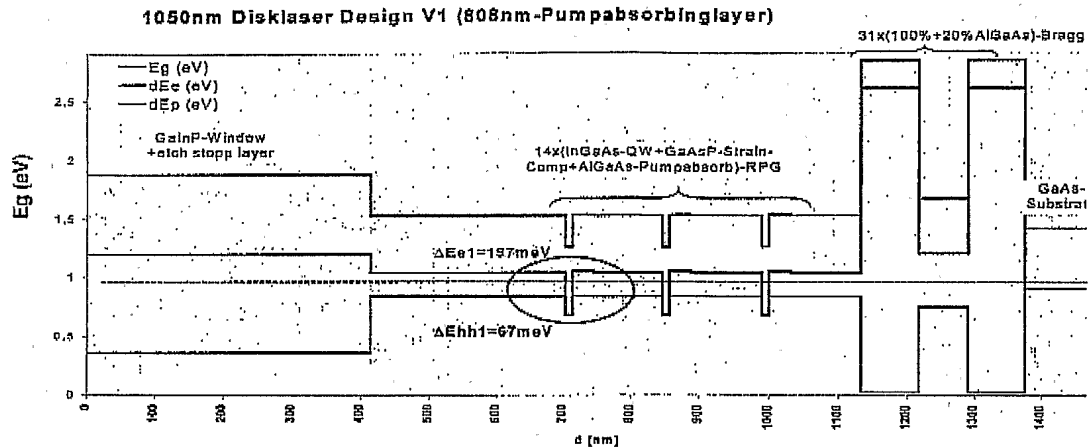


Abbildung 1: Design für 1050nm Scheibtlaser hoher Effizienz.

5/6

P2002.0819 DE E

## 1260nm Disklaser Design V2 (808nm-Pumpabsorbinglayer, bzw. geeignet für extern oder monolit. integr. l)

	d [nm]	d [nm]	Eg (eV)	dEg (eV)	Eg (eV)	dEp (eV)	Ep (eV)
Substrat	413,70	413,70	1,682	0,182	1,582	-0,300	-0,300
Pumpabsorb(810nm)	0,0% AlGaAs	0,1	1,531	0,073	1,483	-0,038	-0,038
Pumpabsorb(810nm)	0,0% AlGaAs	288,58	1,531	0,073	1,483	-0,038	-0,038
QW	16,3% InGaAs	10,5	1,285	-0,124	1,285	0,031	0,031
Strain-Compensated	9,8% InGaAs	31,4	1,54	0,084	1,504	-0,038	-0,038
Pumpabsorb(810nm)	0,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,073	1,483	-0,038	-0,038
QW	20% InGaAs	10,5	1,285	-0,124	1,285	0,031	0,031
Strain-Compensated	9,8% InGaAs	31,4	1,54	0,084	1,504	-0,038	-0,038
Pumpabsorb(810nm)	0,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,073	1,483	-0,038	-0,038
QW	20% InGaAs	10,5	1,285	-0,124	1,285	0,031	0,031
Strain-Compensated	9,8% InGaAs	31,4	1,54	0,084	1,504	-0,038	-0,038
Pumpabsorb(810nm)	0,0% AlGaAs	101,37	1,531	0,073	1,483	-0,038	-0,038
Bragg	AlAsP	84,78	2,833	0,833	2,353	-0,480	-0,480
Bragg	QGaAs	73,28	1,673	0,187	1,587	-0,086	-0,086
Bragg	AlAsP	84,78	2,833	0,833	2,353	-0,480	-0,480
Buffer	GaAs	200	1,42		1,420		0,000
GaAs-Substrat	GaAs	7607,8					

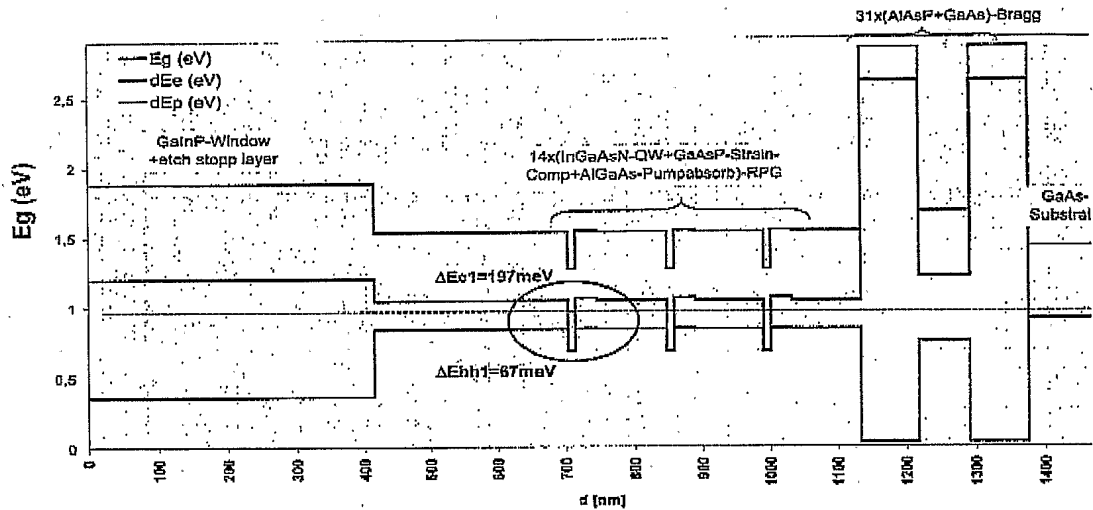


Abb. 3: Design für 1260nm Scheibenlaser mit GaAsP-Barrierenschichten für besseres Ladungsträgerconfinement und mit verspannungskompensierten AlGaAsP-Bragg-Spiegeln.